

TRANSMITTAL LETTER
(General - Patent Pending)

Docket No.
2783

Re Application Of: FAYE, L, ET AL

Serial No.
10/699,908

Filing Date
11/03/2003

Examiner

Group Art Unit

Title: **FUEL CELL SYSTEM INCLUDING...**

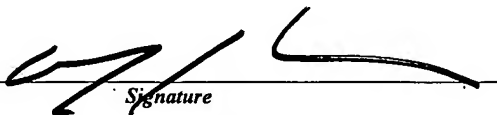
TO THE COMMISSIONER FOR PATENTS:

Transmitted herewith is:

CERTIFIED COPY OF THE PRIORITY DOCUMENT 102 51 565.4

in the above identified application.

- ☒ No additional fee is required.
- ☐ A check in the amount of _____ is attached.
- ☐ The Director is hereby authorized to charge and credit Deposit Account No. _____ as described below.
- ☐ Charge the amount of _____
- ☐ Credit any overpayment.
- ☐ Charge any additional fee required.


Signature

Dated: **FEBRUARY 19, 2004**

I certify that this document and fee is being deposited on
FEB. 19, 2004 with the U.S. Postal Service as first
class mail under 37 C.F.R. 1.8 and is addressed to the
Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA
22313-1450.


Signature of Person Mailing Correspondence

MICHAELJ. STRIKER

Typed or Printed Name of Person Mailing Correspondence

CC:



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 51 565.4
Anmeldetag: 06. November 2002
Anmelder/Inhaber: ROBERT BOSCH GMBH,
Stuttgart/DE
Bezeichnung: Brennstoffzellenanlage mit einer Reaktoreinheit
IPC: H 01 M, C 01 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 23. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Wohner', is written over the printed name.

Wohner

Anmelderin:

Robert Bosch GmbH

Postfach 30 02 20

70442 Stuttgart

"Brennstoffzellenanlage mit einer Reaktoreinheit"

Die Erfindung betrifft eine Brennstoffzellenanlage mit einer katalytisch aktiven Reaktoreinheit, insbesondere Reformers, Gasreinigungsstufe und/oder Brenner, nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Stand der Technik

Besonders im Zusammenhang mit künftigen Antriebskonzepten von Fahrzeugen gewinnt die Brennstoffzellentechnologie immer mehr an Bedeutung. Brennstoffzellen bieten die Möglichkeit, chemisch gebundene Energie direkt in elektrische Energie umzuwandeln, die anschließend mit Hilfe eines Elektromotors in mechanische Antriebsenergie überführt werden kann.

Aufgrund der technischen Probleme bei der Wasserstoffspeicherung in Fahrzeugen ist man dazu übergegangen, den Wasserstoff bei Bedarf z.B. durch eine sogenannte Reformierung oder partielle Oxidation von Kohlenwasserstoffen insbesondere mittels einem katalytisch aktiven Reaktor bzw. Reformers zu erzeugen. Derartige Kohlenwasserstoffe liegen in Form herkömmlicher Kraftstoffe wie Benzin oder Diesel vor, es könnten jedoch auch andere Kohlenwasserstoffe, beispielsweise Erdgas, Methan, Methanol, verflüssigtes Petroleum-Gas (LPG) oder synthetische Kraftstoffe, u.s.w. hierzu verwendet werden.

Der Reformer weist meist eine katalytisch beschichtete Fläche insbesondere auf einer porösen Katalysatorstruktur mit zahlreichen in Strömungsrichtung des Stoffstroms gerichteten Kanälen oder dergleichen auf. Diese katalytisch aktive Fläche wird im Allgemeinen mit einem Gemisch aus Kraftstoff, Wasser und/oder Luft beaufschlagt.

In herkömmlichen Brennstoffzellenanlagen werden häufig sogenannte PEM-Brennstoffzellen verwendet, die jedoch auf Kohlenmonoxidanteile im wasserstoffreichen Medium mit "Vergiftungserscheinungen" der katalytischen Kathode reagieren, so dass die Umsetzung von Wasserstoff an der Elektrode erschwert bzw. verhindert wird. Aus diesem Grund müssen entsprechende Brennstoffzellenanlagen die Produktion eines weitestgehend kohlenmonoxidfreien, wasserstoffreichen Mediums gewährleisten.

So wird bereits der Kohlenmonoxidanteil im wasserstoffreichen Reformat mit Hilfe von weiteren, katalytisch aktiven Reaktoren nahezu vollständig reduziert. Beispielsweise wird in einem ersten Schritt hierbei meist dem Reformer eine Reaktoreinheit nachgeschaltet, die mittels einer sogenannten "Shift-Reaktion" das aus der Umformung des Kraftstoffs resultierende Kohlenmonoxid unter Zusatz von Wasser zu CO_2 aufoxidiert, wobei wiederum Wasserstoff freigesetzt wird. Hierbei bleiben jedoch Restmengen an Kohlenmonoxid im Reformatgas in einer Konzentration enthalten, die immer noch zu einer nicht tolerierbaren Vergiftung der Brennstoffzelle führt.

Zur Umformung der noch vorhandenen Kohlenmonoxidrestmengen werden gegebenenfalls zusätzliche katalytisch aktive Reaktoreinheiten verwendet, die bislang z.B. mittels katalytischer Oxidation des Kohlenmonoxids unter Zugabe von Sauerstoff an einem geeigneten Oxidationskatalysator die

Kohlenmonoxidrestmengen nahezu vollständig reduzieren. Um den Kohlenmonoxidanteil auf Werte < 50 ppm zu reduzieren, werden vorzugsweise mehrstufige Kohlenmonoxidoxidationseinheiten eingesetzt, wobei zu jeder Stufe beispielsweise separat Sauerstoff zugeführt wird. Der Sauerstoff wird hierbei im Allgemeinen in Form von Luftsauerstoff zudosiert.

Darüber hinaus werden in Brennstoffzellenanlagen alternativ oder in Kombination zu den vorgenannten Reaktoreinheiten weitere katalytisch aktive Reaktoreinheiten eingesetzt, wie z.B. zur Methanisierung des Reformatgases. Bei der Methanisierung des Reformatgases wird im Wesentlichen Wasserstoff und Kohlenmonoxid zu Methan umgeformt, so dass der CO-Gehalt im Reformatgas weiter gesenkt wird.

Weiterhin kommen beispielsweise katalytisch aktive Brenner zur Erzeugung von Wärmeenergie in herkömmlichen Brennstoffzellenanlagen zum Einsatz. In entsprechenden Brennern wird beispielsweise ein Anodenrestgasstrom, ein Reformatgasstrom geringer Qualität, der unter anderem in der Startphase erzeugt wird, oder dergleichen mit vergleichsweise geringem Wasserstoffgehalt katalytisch umgesetzt und hierdurch Wärme erzeugt. Die Wärme kann beispielsweise zur Beheizung unterschiedlichster Komponenten der Brennstoffzellenanlage verwendet werden.

Vor allem bei bisherigen Reformern ist nachteilig, dass bei diesen im Teillastbetrieb, d.h. beim Durchsatz vergleichsweise kleiner Massenströme, insbesondere die Wärmeverluste an die Umgebung relativ hoch sind, so dass dies durch zusätzlichen Wärmeeintrag kompensiert werden muss, um die gewünschte Reformierungstemperatur zu halten. Dies führt zu einer deutlichen Verschlechterung des Gesamtwirkungsgrades der Reformierung im Teillastbetrieb.

Weiterhin sind die vergleichsweise geringen Strömungsgeschwindigkeiten im Teillastbetrieb von Nachteil,

da hierdurch vor allem die Verzögerungszeit bei Lastwechseln hochgesetzt und aufgrund dessen das dynamische Verhalten des Gesamtsystems bzw. der Brennstoffzellenanlage entscheidend verschlechtert wird.

Aufgabe und Vorteile der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es demgegenüber, eine Brennstoffzellenanlage mit einer Brennstoffzelleneinheit und einer katalytisch aktiven Reaktoreinheit, insbesondere Reformers, Gasreinigungsstufe und/oder Brenner, vorzuschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik vor allem im Teillastbetrieb einen höheren Wirkungsgrad der chemischen Umformung und ein gutes dynamisches Verhalten aufweist.

Diese Aufgabe wird, ausgehend von einer Brennstoffzellenanlage der einleitend benannten Art, durch die kennzeichnenden Merkmale des Anspruchs 1 gelöst.

Durch die in den Unteransprüchen genannten Maßnahmen sind vorteilhafte Ausführungen und Weiterbildungen der Erfindung möglich.

Dementsprechend zeichnet sich eine erfindungsgemäße Brennstoffzellenanlage dadurch aus, dass die Reaktoreinheit wenigstens eine Steuervorrichtung zur Steuerung bzw. Änderung des vom Betriebsstoffstrom beaufschlagten katalytisch aktiven Reaktorvolumens umfasst. Gegebenenfalls ist das Gesamtvolumen der Reaktoreinheit größer als das katalytisch aktive, in Bezug zur Umformung bzw. zum chemischen Umsatz wirksame Reaktorvolumen. Beispielsweise umfasst das Gesamtvolumen eine Vormisch- bzw. Verteiler- und/oder Sammel-Einheit bzw. -Kammer mit katalytisch nicht-aktivem Volumen.

Mit Hilfe einer Steuervorrichtung gemäß der Erfindung, die insbesondere eine elektronische Steuereinheit aufweist, kann in vorteilhafter Weise das vom Betriebsstoffstrom beaufschlagte Reaktorvolumen vor allem an die Menge des die Reaktoreinheit durchströmenden Betriebsstoffstroms angepasst werden.

Vorteilhafterweise ist das vom Betriebsstoffstrom beaufschlagte Reaktorvolumen im Volllastbetrieb deutlich größer als im Teillastbetrieb bzw. einer Startphase oder dergleichen. Beispielsweise wird in der Reaktoreinheit im Teillastbetrieb lediglich ca. $1/10$ der Menge des Stoffstroms als im Volllastbetrieb umgesetzt, so dass bei herkömmlichen katalytisch aktiven Reaktoreinheiten eine deutliche Überdimensionierung im Teillastbetrieb besteht. Im Allgemeinen ist der Teillastbetrieb der Normalbetrieb. Das heißt der Volllastbetrieb ist in Bezug auf die Lebensdauer bzw. Betriebsdauer der Anlage die wesentlich seltenere Betriebsweise als der Teillastbetrieb. Gemäß der Erfindung wird die Überdimensionierung im Teillastbetrieb in vorteilhafter Weise beseitigt, so dass eine nahezu optimale Anpassung durch vom Betriebsstoffstrom beaufschlagten Reaktorvolumen an die Stoffstrommenge realisiert wird. Hierdurch werden überproportional hohe Wärmeverluste im Teillastbetrieb, wie sie beim Stand der Technik vorhanden sind, wirkungsvoll verhindert, so dass der Gesamtwirkungsgrad der Wasserstofferzeugung entscheidend verbessert wird.

Die Steuerung bzw. Änderung des vom Betriebsstoffstrom beaufschlagten Reaktorvolumens kann durch unterschiedlichste Maßnahmen verwirklicht werden. In einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung ist die Steuervorrichtung zur Steuerung bzw. Änderung einer quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms gerichteten, von diesem beaufschlagten Querschnittsfläche des Reaktorvolumens ausgebildet. Zum Beispiel wird die Querschnittsfläche mit Hilfe vorteilhafter,

insbesondere mechanische Steuerungsmittel wenigstens in einer Dimension steuerbar bzw. veränderbar ausgebildet.

Möglicherweise erfolgt dies unter Zuhilfenahme von Lenk-/Prallelementen, eines Schiebers oder dergleichen, wobei die Anpassung der Querschnittsfläche des Reaktorvolumens gemäß der Erfindung ermöglicht.

Vorzugsweise erfolgt eine zweidimensionale Anpassung bzw. Steuerung der vom Betriebsstoffstrom beaufschlagten Querschnittsfläche des Reaktors. Beispielsweise weist die Steuervorrichtung wenigstens ein quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms veränderbares bzw. verstellbares Blendelement auf. Gegebenenfalls ist der oben erwähnte Schieber als Blendelement ausgebildet. Vorzugsweise ist das Blendelement in der Art bzw. nach dem Prinzip einer Photoblende oder dergleichen ausgebildet, wobei eine im Wesentlichen polygon- bzw. kreisförmige, lichte Querschnittsfläche mittels einem mechanischen Verstellmechanismus oder dergleichen gemäß der Erfindung veränderbar ist. Im Volllastbetrieb der Reaktoreinheit ist ein entsprechendes Blendelement weitestgehend geöffnet und im Teillastbetrieb wenigstens teilweise geschlossen.

In einer weiteren, vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Steuervorrichtung wenigstens ein in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms verstellbares Steuerelement auf. Mit Hilfe einem entsprechend axialverstellbaren Steuerelement kann die Veränderung vom Betriebsstoffstrom beaufschlagte, wirksame Querschnittsfläche des Reaktorvolumens realisiert werden. Beispielsweise ist das Steuerelement als Rohr oder dergleichen ausgebildet, das unmittelbar am Festbettreaktor oder von diesem axial verstellbar beabstandet angeordnet ist. Beispielsweise wird durch die Beabstandung im Wesentlichen die volle Querschnittsfläche des Reaktorvolumens vom Betriebsstoffstrom beaufschlagbar, wobei bei unmittelbar am Festbettreaktor

angeordnetem Steuerelement lediglich ein Teil der Querschnittfläche des Reaktorvolumens relevant vom Betriebsstoffstrom gemäß der Erfindung beaufschlagt wird.

Generell kann der Festbettreaktor einen Monolith, nahezu in Strömungsrichtung des Stoffstroms gerichtete Wabenröhren, eine Schüttung oder dergleichen aufweisen. Grundsätzlich ist wenigstens ein Trennelement zum Abtrennen unterschiedlichster radial nebeneinander angeordneter Reaktorbereiche von Vorteil. In einer besonders einfachen Ausführung sind Kanäle, die Wabenröhren, etc. als Trennelement vorgesehen.

Gegebenenfalls kann die Reaktoreinheit ein separates Trennelement aufweisen. Beispielsweise bei einem Festbettreaktor mit einer Schüttung, wobei insbesondere im inneren Bereich der Reaktoreinheit ein in Strömungsrichtung des Stoffstroms gerichtetes Rohr-, Kanalelement vorgesehen ist. Beispielsweise ist das Kanalelement als Metallrohr, Keramikrohr oder dergleichen verwirklicht.

Grundsätzlich ist die Ausbildung eines im Teillastbetrieb vom Betriebsstoffstrom beaufschlagten inneren Reaktorbereichs von Vorteil, der einen quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms gerichteten Mantelbereich aufweist. Der äußere Mantelbereich der Reaktoreinheit wird im Teillastbetrieb in vorteilhafter Weise als thermische Isoliereinheit vorgesehen und im Volllastbetrieb in vorteilhafter Weise vom Betriebsstoffstrom zusätzlich zum inneren Bereich gemäß der Erfindung beaufschlagt.

Im Allgemeinen sind die Mittel, die zur Steuerung bzw. Änderung einer quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms gerichteten, von diesem wirksam beaufschlagten Querschnittsfläche der Reaktorvolumens ausgebildet sind, in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms vor dem Reaktorvolumen bzw.

Festbettreaktor oder dergleichen angeordnet. Es ist jedoch denkbar, dass diese Mittel auch in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms hinter dem Reaktorvolumen anzuordnen sind. In diesem Fall wird im Teillastbetrieb ein vom Betriebsstoffstrom durchströmter Reaktorbereich realisiert, wobei in wenigstens einem Teilbereich des Reaktors der Betriebsstoffstrom einströmt und dieser jedoch von dem Blendelement, Schieber oder dergleichen derart verschlossen wird, dass eine Stauung des Betriebsstoffstroms in diesem Teilbereich erfolgt. Eine entsprechende Stauung wird im Sinne der Erfindung nicht als Beaufschlagung mit dem Betriebsstoffstrom verstanden, da die chemische Umformung des Betriebsstoffstroms bzw. dessen Umsatz in entsprechenden Stau-Bereichen nach vergleichsweise kurzer Zeit im Wesentlichen zum Erliegen kommt bzw. ein chemisches Gleichgewicht der Umformreaktionen vorliegt.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist die Steuervorrichtung zur Steuerung bzw. Änderung einer in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms gerichteten Länge des Reaktors und/oder Reaktorvolumens ausgebildet. Alternativ oder in Kombination zu den vorgenannten Ausführungsformen der Erfindung kann mit Hilfe einer entsprechend veränderbaren Länge des Reaktors ebenfalls eine vorteilhafte Anpassung des Reaktorvolumens realisiert werden. Gegebenenfalls wird eine dreidimensionale Veränderung des bezüglich der chemischen Umformung bzw. des chemischen Umsatzes effektiven Reaktorvolumens realisiert.

Vorteilhafterweise weist die Reaktoreinheit wenigstens zwei Ausströmöffnungen zum Ausströmen des umgeformten Betriebsstoffstroms auf. Möglicherweise strömt der Betriebsstoffstrom durch eine vergleichsweise kleine Ausströmöffnung im Teillastbetrieb und im Volllastbetrieb sowohl durch die Ausströmöffnung des Teillastbetriebs und gegebenenfalls durch eine zweite, gegebenenfalls um die erste

Ausströmöffnung herum angeordnete Ausströmöffnung.

Vorzugsweise ist zwischen den beiden Ausströmöffnungen ein Abstand vorgesehen. In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung ist wenigstens eine der Ausströmöffnungen in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms vor einer anderen Ausströmöffnung angeordnet, so dass die beiden Ausströmöffnungen in Längsrichtung der Reaktoreinheit voneinander beabstandet sind. Die in Strömungsrichtung vor der anderen Ausströmöffnung angeordnete Ausströmöffnung ist in vorteilhafter Weise für den Teillastbetrieb der Reaktoreinheit vorgesehen. Die zweite Ausströmöffnung ist vorzugsweise hinter dem vom Betriebsstoffstrom beaufschlagbaren gesamten bzw. maximalen Reaktorvolumen angeordnet, so dass dies für den Volllastbetrieb der Reaktoreinheit vom Betriebsstoffstrom vollständig durchströmbar ist.

In bevorzugter Weise ist wenigstens ein Steuerventil zum Öffnen bzw. Schließen einer Ausströmöffnung bzw. einer der Ausströmöffnungen der Reaktoreinheit vorgesehen. Mit Hilfe eines derartigen Steuerventils kann in vorteilhafter Weise das Durchströmen der Reaktoreinheit beeinflusst werden. Beispielsweise weist jede Ausströmöffnung der Reaktoreinheit ein Steuerventil auf. Mit entsprechenden Steuerventilen kann u.a. bei zwei in Längsrichtung der Reaktoreinheit voneinander beabstandeten Ausströmöffnungen das Reaktorvolumen mittels einer vorteilhaften Schaltung der Steuerventile verändert werden. Beispielsweise wird im Volllastbetrieb die seitlich an der Reaktoreinheit angeordnete Ausströmöffnung mit Hilfe dem entsprechenden Steuerventil verschlossen und die in Längsrichtung der Reaktoreinheit hinten angeordnete Ausströmöffnung zur Durchströmung des maximalen Reaktorvolumens freigeschaltet.

Im Teillastbetrieb der zuletzt genannten Reaktoreinheit wird das hinter dem maximalen Reaktorvolumen angeordnete Steuerventil bzw. die entsprechende Ausströmöffnung verschlossen und die seitlich an der Reaktoreinheit vorgesehene Ausströmöffnung bzw. das entsprechende Steuerventil wird in diesem Betriebsfall freigeschaltet. In diesem Fall strömt der Betriebsstoffstrom in einer ersten Phase in das maximale Reaktorvolumen ein und staut sich in dem Reaktorbereich hinter der seitlichen Ausströmöffnung. Diese Stauung wird im Sinne der Erfindung nicht als vom Betriebsstoffstrom beaufschlagt angesehen. In einer zweiten Phase wird lediglich der Bereich der Reaktoreinheit bis etwa zur seitlichen Ausströmöffnung vom Betriebsstoffstrom durchströmt und im Sinne der Erfindung von diesem beaufschlagt. Hierbei erfolgt die chemische Umformung bzw. der chemische Umsatz lediglich im vorderen Bereich der Reaktoreinheit bzw. des Reaktorvolumens.

Bei einer Reaktoreinheit mit einer katalytisch aktiven Schüttung oder dergleichen strömt der Betriebsstoffstrom in der Teillastphase in besonders einfacher Weise seitlich aus der entsprechenden Ausströmöffnung. Vor allem bei einer Reaktoreinheit mit in Längsrichtung ausgerichteten Wabenröhren oder dergleichen ist in vorteilhafter Weise vorgesehen, dass die Reaktoreinheit wenigstens quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstroms gerichtete Querkanäle oder dergleichen, insbesondere im Bereich der seitlichen Ausströmöffnung, aufweist. Hierdurch wird auch bei dieser Ausführungsvariante ein vorteilhaftes, seitliches Ausströmen im Teillastbetrieb realisierbar.

In einer besonderen Weiterbildung der Erfindung umfasst die Reaktoreinheit wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlicher Durchlässigkeit. Beispielsweise wird die unterschiedliche Durchlässigkeit unterschiedlich groß dimensionierter Durchgangskanäle, Wabenröhren oder dergleichen realisiert.

Bei einem Festbettreaktor mit einer Schüttung kann die unterschiedliche Durchlässigkeit gegebenenfalls durch Bereiche mit unterschiedlich großen Schüttgütern, Partikeln oder dergleichen verwirklicht werden. Gegebenenfalls kann eine unterschiedliche Porosität, insbesondere unterschiedlich groß ausgebildete Leerräume im Reaktorbett, bzw. unterschiedliche Zelldichten vor allem zur Optimierung der Strömung für die verschiedenen, vorteilhaft räumlich getrennten Bereiche bzw. Segmente der Reaktoreinheit vorgesehen werden.

Alternativ oder in Kombination hierzu kann die Reaktoreinheit wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlich katalytisch aktiven Belegungen umfassen. Beispielsweise können verschiedene Katalysatormaterialien bzw. unterschiedliche Edelmetalle und/oder unterschiedlich dicke Belegungen bzw. unterschiedliche Mengen des Katalysatormaterials bzw. Edelmetalle pro Raumeinheit vorgesehen werden.

Generell kann die Ausstattung bzw. Verwirklichung der unterschiedlichen Bereiche entsprechend den Anforderungen an Selektivität, Preis, Lebensdauer, usw. in vorteilhafter Weise genügen. Vorzugsweise weisen die Bereiche, die sowohl im Teillast- als auch im Volllastbetrieb vom Betriebsstoffstrom durchströmt werden wenigstens eine größere Menge an Katalysatormaterial als die Bereiche auf, die lediglich im Volllastbetrieb vom Betriebsstoffstrom durchströmt werden. Hierdurch wird der unterschiedlichen Belastung bzw. Abnutzung der entsprechenden Bereiche Rechnung getragen. Entsprechend wird auch die Anpassung der Durchlässigkeit bzw. der Katalysatormaterialien verwirklicht.

Darüber hinaus ist denkbar, dass die Reaktoreinheit wenigstens zwei Reaktorvorrichtungen mit unterschiedlichen, vom Betriebsstoffstrom beaufschlagbaren Reaktorvolumina aufweist. Beispielsweise wird eine Reaktorvorrichtung mit

einem deutlich kleineren Reaktorvolumen im Teillastbetrieb vom Betriebsstoffstrom beaufschlagt als eine gegebenenfalls separate, zweite Reaktorvorrichtung für den Volllastbetrieb. Ebenso ist generell denkbar, dass zur Verbesserung des dynamischen Verhaltens des gesamten Systems vergleichsweise kleindimensionierte Leitungen zum Durchströmen der Betriebsstoffe verwendet werden können. Möglicherweise erfolgt der Teillastbetrieb mittels relativ kleindimensionierter Bypassleitungen und/oder Reaktoreinheiten.

Ausführungsbeispiele

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in der Zeichnung dargestellt und anhand der Figuren nachfolgend näher erläutert.

Im Einzelnen zeigt:

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Reaktoreinheit mit variabler Blendengeometrie, wobei unterschiedliche Blendenpositionen separat dargestellt sind,
- Figur 2 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Reaktoreinheit mit axial beweglicher Dosiervorrichtung und
- Figur 3 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Reaktoreinheit, die axial aufgeteilt und mit Ventilen zur Freischaltung des gewünschten Pfades versehen ist.

In den Figuren 1 und 2 sind zwei unterschiedliche Varianten gemäß der Erfindung dargestellt, bei denen eine Anpassung einer quer zur Strömungsrichtung eines Betriebsstoffstroms 1 gerichteten Querschnittsfläche 2 beispielsweise eines Reformers 3 vorgesehen ist. Hierbei werden zum Beispiel im Teillastbetrieb lediglich die inneren, achsnahen Bereiche des Reformers 3 bzw. eines Festbettreaktors 4 vom Betriebsstoffstrom 1 durchströmt bzw. beaufschlagt.

Im Allgemeinen wird ein Reformer 3, Gasreinigungsstufe 3, Brenner 3 oder dergleichen einer nicht näher dargestellten Brennstoffzellenanlage für einen maximalen Output ausgelegt, so dass dieser im Teillastbetrieb beispielsweise lediglich mit ca. 1/10 der Menge des Volllastbetriebs durchströmt wird und somit sehr stark überdimensioniert ist. Der Wärmeverlust im Teillastbetrieb ist beim Stand der Technik aufgrund dessen im Vergleich zum Volllastbetrieb überproportional hoch.

Der Reformer 3 gemäß Figur 1 weist ohne nähere Darstellung nahezu axial ausgerichtete, insbesondere wabenförmige Durchströmkanäle des Festbettreaktors 4 auf. Die erfindungsgemäße Anpassung des vom Betriebsstoffstrom 1 beaufschlagten Reaktorvolumens 4 erfolgt in der Variante der Erfindung gemäß Figur 1 mittels einer variablen Blende 5, die ähnlich einer Photoblende 5 funktionieren kann. Die Blende 5 wird insbesondere aus Gründen der Dichtigkeit bei hohen Temperaturen vorzugsweise innerhalb einer Vormischkammer 6 angeordnet.

Im Teillastbetrieb des Reaktors 3 gemäß Figur 1 ist die Blende 5 unter anderem in der Verschlussposition 5a separat dargestellt. Hierbei wird ein lichter Querschnitt 7a ausgebildet, der wesentlich kleiner als der Querschnitt 2 des Festbettreaktors 4 ist. Demzufolge wird lediglich der axial, innere vergleichsweise kleinvolumige Bereich des Festbettreaktors 4 vom Betriebsstoffstrom 1 durchströmt, so

dass die vergleichsweise geringe Betriebsstoffstrommenge des Teillastbetriebs mit relativ großer Strömungsgeschwindigkeit den Reformier 3 durchströmt.

Entsprechend gibt die Blende 5b in teilgeschlossener Stellung einen freien bzw. lichten Querschnitt 7b und die Blende 5c einen entsprechend lichten, relativ großen Querschnitt 7c zum Durchströmen des entsprechenden Bereichs des Festbettreaktors 4 in unterschiedlichen Teillastphasen frei. Hierdurch wird gewährleistet, dass das wirksame, beanspruchte Reaktorvolumen dem tatsächlichen Bedarf für eine nahezu optimale Umformung bzw. Betriebsweise angepasst wird und nachteilige Wärmeverluste minimierbar sind.

Vorzugsweise sollte die Blende 5 möglichst unmittelbar am Katalysatorbett 4 angeordnet werden. In der Vormischkammer 6 wird beispielsweise unter Zuhilfenahme einer nicht näher dargestellten Düse oder dergleichen der in den Reaktor 3 einströmende Betriebsstoffstrom 1 weitgehend gleichmäßig über der gesamten Querschnittsfläche 2 des Reaktors 3 verdüst bzw. verteilt.

Generell kann die Blende 5 vergleichbar mit einer Fotoblende oder dergleichen vorzugsweise aus temperaturbeständigem Material ausgeführt werden. Die elektrische Ansteuerung der Blende 5 erfolgt in vorteilhafter Weise mittels einem nicht näher dargestellten elektrischen Steuergerät bzw. Verstellmechanismus.

In Figur 2 ist eine weitere Ausführungsform der Erfindung dargestellt, bei der die vom Betriebsstoffstrom 1 beaufschlagte Querschnittsfläche 2 veränderbar ist. Bei dieser Variante wird ein axial bewegliches Dosierrohr 8 verwendet. Das Dosierrohr 8 kann beispielsweise in nicht näher dargestellter Weise bis zum Festbettreaktor 4 verstellt werden, so dass das Rohr 8 den Festbettreaktor 4 fast oder

ganz berührt und somit lediglich ein innerer Katalysator 9 des Reformers 3 effektiv vom Betriebsstoffstrom 1 beaufschlagt wird.

Durch ein Verstellen des Rohrs 8 nach links gemäß Figur 2 kann der in den Reaktor 3 einströmende Betriebsstoffstrom 1 mittels einer nicht näher dargestellten Düse, z.B. Injektor mit Kegelspraybild oder dergleichen sich in der Vormischkammer 6 gleichmäßig verteilen, so dass der vom Betriebsstoffstrom 1 beaufschlagte Querschnitt 2 in Abhängigkeit des Abstands zwischen dem Rohr 8 und dem Festbettreaktor 4 zu-/abnimmt bzw. veränderbar ist. Beispielsweise ist im Normalbetrieb, insbesondere im mittleren bis oberen Lastbereich, das Dosierrohr 8 im Wesentlichen an einem linken Anschlag positioniert, so dass der Betriebsstoffstrom 1 aus der nicht näher dargestellten Düse oder Injektor durch das aufgesetzte Rohr 8 in die Vormischkammer 6 gelangen und sich hierin nahezu gleichmäßig verteilen kann. Hierbei wird der gesamte Querschnitt 2 bzw. maximale Querschnitt 2 des Festbettreaktors 4 vom Betriebsstoffstrom 1 beaufschlagt. Der Katalysator 3 wird hierbei maximal ausgenutzt.

Im Teillastbetrieb wird wie bereits erwähnt das Rohr 8 zum Festbettreaktor 4 hin verstellt und zudem im Allgemeinen die Einspritzmenge des Betriebsstoffstroms 1 verringert. Gegebenenfalls ist ein inneres Trennrohr 10 im Festbettreaktor 4 vorgesehen, das beispielsweise ein radiales Durchströmen des Festbettreaktors 4 wirkungsvoll verhindert. Möglicherweise ist das Trennrohr 10 aus Metall und/oder Keramik hergestellt. Gegebenenfalls können mehrere, vorzugsweise konzentrische Trennröhre 10 im Festbettreaktor 4 vorgesehen werden.

In Figur 3 ist eine Variante der Erfindung schematisch dargestellt, bei der wenigstens zwei Strömungspfade durch den Reaktor 3 realisierbar sind. Beispielsweise erfolgt der Volllastbetrieb derart, dass ein Ventil 11 am in Strömungsrichtung des Reaktors 3 hinteren Ende angeordnet und geöffnet ist, so dass eine Ausströmöffnung 15 offen ist. Hierdurch durchströmt der Betriebsstoffstrom 1 das maximale Reaktorvolumen des Festbettreaktors 4.

Im Teillastbetrieb des Reaktors 3 gemäß Figur 3 ist das Ventil 11 verschlossen und ein Ventil 12 geöffnet, so dass der Betriebsstoffstrom 1 in den Reaktor eindringen und durch eine seitliche Ausströmöffnung 13 ausströmen kann. Vorzugsweise weist der Reaktor 3 im Bereich der Ausströmöffnung 13 einen Abschnitt 14 auf, der eine quengerichtete Durchströmung des Reaktors 3 ermöglicht. Beispielsweise umfasst der Abschnitt 14 Querkänäle oder dergleichen.

Bei der Variante der Erfindung gemäß Figur 3 erfolgt in vorteilhafter Weise eine Anpassung bzw. Veränderung einer Länge des Reaktorvolumens 4. Im Sinne der Erfindung wird im dargestellten Teillastbetrieb der hintere Bereich des Feststoffreaktors 4 vom Betriebsstoffstrom 1 nicht beaufschlagt, da sich dieser in diesem Bereich staut und hierdurch eine kontinuierliche chemische Umformung des Betriebsstoffstroms 1 im Allgemeinen unterbunden wird. Im Teillastbetrieb wird lediglich der vordere Bereich des Feststoffreaktors 3 zur kontinuierlichen Umformung des Betriebsstoffstroms 1 ausgebildet.

Generell kann bei den Reaktoren 3 gemäß der Erfindung der aktive Bereich für den Teillastbetrieb sowohl mit unterschiedlichen, katalytisch aktiven Materialien bzw. Edelmetallen als auch mit unterschiedlicher Menge des Katalysatormaterials pro Raumeinheit im Vergleich zum

restlichen Bereich des Reaktors 3 versehen werden. Darüber hinaus kann in vorteilhafter Weise eine Anpassung der Strömungsverhältnisse bei den verschiedenen Betriebsweisen vorgesehen werden.

Ansprüche:

1. Brennstoffzellenanlage mit einer Brennstoffzelleneinheit und einer katalytisch aktiven Reaktoreinheit (3) zur wenigstens teilweisen chemischen Umformung eines Betriebsstoffstromes (1), insbesondere als Reformier (3), Gasreinigungsstufe (3) und/oder Brenner (3) ausgebildet, wobei die Reaktoreinheit (3) ein vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagbares katalytisch aktives Reaktorvolumen (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens eine Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) zur Steuerung bzw. Änderung des vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagten Reaktorvolumens (4) umfasst.
2. Brennstoffzellenanlage nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) zur Steuerung bzw. Änderung einer quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) gerichteten, beaufschlagten Querschnittsfläche (2) des Reaktorvolumens (4) ausgebildet ist.
3. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) wenigstens ein quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) veränderbares Blendelement (5) umfasst.
4. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) wenigstens ein in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) verstellbares Steuerelement (8) aufweist.

5. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerelement (8) als Rohr (8) ausgebildet ist.

6. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerelement wenigstens teilweise als Düse und/oder Injektor ausgebildet ist.

7. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) zur Steuerung bzw. Änderung einer in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) gerichteten Länge des Reaktorvolumens (4) ausgebildet ist.

8. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens zwei Ausströmöffnungen (13, 15) zum Ausströmen des umgeformten Betriebsstoffstromes (1) aufweist.

9. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens die erste Ausströmöffnung (13) in Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) vor der zweiten Ausströmöffnung (15) angeordnet ist.

10. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens ein Steuerventil (11, 12) zum Öffnen bzw. Schließen einer Ausströmöffnung (13, 15) der Reaktoreinheit (3) vorgesehen ist.

11. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens quer zur Strömungsrichtung des Betriebsstoffstromes (1) gerichtete Querkanäle (14) aufweist.

12. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlicher Durchlässigkeit umfasst.

13. Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens zwei Bereiche mit unterschiedlichen katalytisch aktiven Belegungen umfasst.

14. Fahrzeug mit einer Brennstoffzellenanlage, die eine Brennstoffzelleneinheit und eine katalytisch aktive Reaktoreinheit (3) zur wenigstens teilweisen chemischen Umformung eines Betriebsstoffstromes (1), insbesondere als Reformier (3), Gasreinigungsstufe (3) und/oder Brenner (3) ausgebildet, umfasst, wobei die Reaktoreinheit (3) ein vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagtes katalytisch aktives Reaktorvolumen (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche ausgebildet ist.

15. Verfahren zum Betreiben einer Brennstoffzellenanlage mit einer Brennstoffzelleneinheit und einer katalytisch aktiven Reaktoreinheit (3) zur wenigstens teilweisen chemischen Umformung eines Betriebsstoffstromes (1), insbesondere Reformier (3), Gasreinigungsstufe (3) und/oder Brenner (3), wobei die Reaktoreinheit (3) ein vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagtes katalytisch aktives Reaktorvolumen (4) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine Steuervorrichtung (5, 8, 11, 12, 13) zur Steuerung bzw. Änderung des vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagten katalytisch aktiven Reaktorvolumens (4) verwendet wird.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass in einer Teillastphase der Reaktoreinheit (3) ein kleineres Reaktorvolumen (4) als in einer Volllastphase der Reaktoreinheit (3) vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagt wird.

17. Verfahren nach einem der vorgenannten Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Brennstoffzellenanlage nach einem der vorgenannten Ansprüche verwendet wird.

Zusammenfassung:

Es wird eine Brennstoffzellenanlage mit einer Brennstoffzelleneinheit und einer katalytisch aktiven Reaktoreinheit (3) zur wenigstens teilweisen chemischen Umformung eines Betriebsstoffstromes (1), insbesondere als Reformer (3), Gasreinigungsstufe (3) und/oder Brenner (3) ausgebildet, wobei die Reaktoreinheit (3) ein vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagtes katalytisch aktives Reaktorvolumen (4) aufweist, vorgeschlagen, die gegenüber dem Stand der Technik vor allem im Teillastbetrieb einen höheren Wirkungsgrad und ein gutes dynamisches Verhalten aufweist. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die Reaktoreinheit (3) wenigstens eine Steuervorrichtung (8) zur Steuerung bzw. Änderung des vom Betriebsstoffstrom (1) beaufschlagten Reaktorvolumens (4) umfasst.

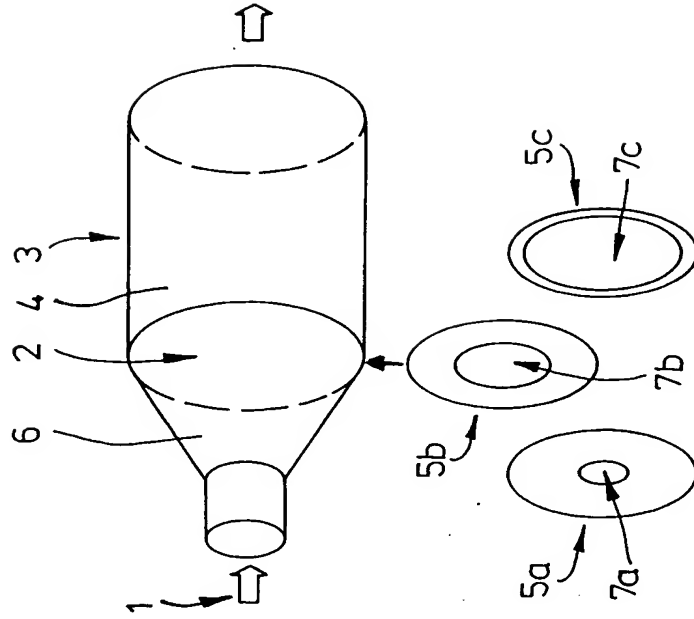


Fig. 1

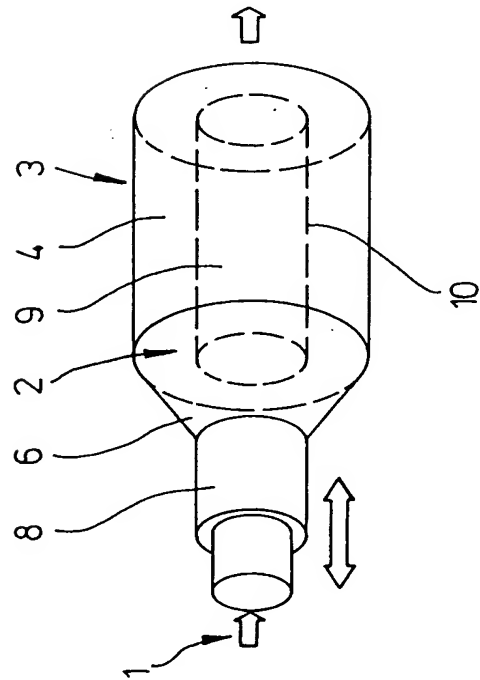


Fig. 2

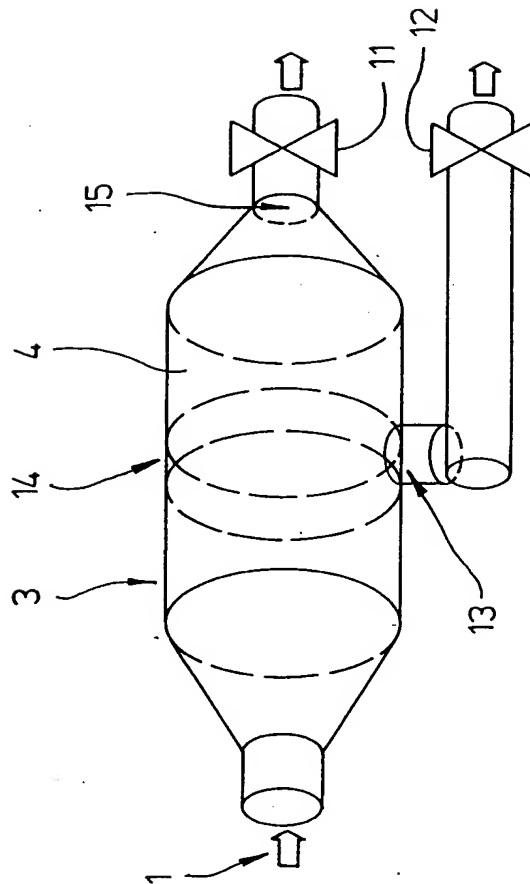


Fig. 3